

И. А. Фрейберг

ФАКТОРЫ, ОГРАНИЧИВАЮЩИЕ ПРОИЗРАСТАНИЕ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В ЛЕСОСТЕПИ ЗАУРАЛЬЯ

Природными факторами, лимитирующими рост и распространение древесных растений в лесостепной зоне Зауралья, особенно в Притобольской озерно-низменной лесорастительной провинции [1], являются солонцеватость и засоление почвы. На солончаках и солончаковых почвах растения находятся под воздействием легкорастворимых солей. На солонцах на них действуют солонцеватость почвы и легкорастворимые соли. Все исследователи в качестве летальных факторов для растений на солонцах указывают на токсические количества легкорастворимых солей и неблагоприятные водно-физические свойства почвы.

Комплексное изучение поглощающего комплекса солонцов лесостепного Зауралья показало, что их так же, как солонцы Барабы и Кулунды [2], можно разделить на группы по соотношению в поглощающем комплексе почвы обменных натрия и магния: магниевые, натриево-магниевые, магниево-натриевые и натриевые солонцы. Солонцы указанных групп различаются по своим лесорастительным свойствам. Если на луго-степных натриевых солонцах наблюдается гибель древесных растений, то на магниевых отмечается их вполне удовлетворительный и хороший рост. Это происходит в силу разных солевого режима и водно-физических свойств натриевых и магниевых солонцов.

Согласно К. К. Гедройцу [3], физические свойства почвы являются функцией ее поглощающего комплекса. Это положение подтверждается на примере натриевых и магниевых солонцов. Так, натрий, входя в состав поглощающего комплекса, очень сильно распыляет почву, при этом увеличивается содержание коллоидных и близких к ним частиц по размеру, начиная с 0,005—0,002 мм. По данным В. М. Володина [4], полученным при изучении солонцов Северного Казахстана, коэффициент дисперсности, по Н. А. Качинскому, в горизонте B_1 натриевых солонцов составляет 96,4, для малонат-

риевых — 28,3—45,1. В почвах со значительным содержанием илстых и коллоидных частиц преобладают микропоры с диаметром 10^{-4} — 10^{-5} мм, вода в которых почти полностью связана поверхностными силами частиц [5]. Об отрицательном влиянии поглощенного натрия на водно-физические свойства почвы свидетельствуют также данные опытов П. И. Шаврыгина [6], отметившего среди других показателей очень низкие величины фильтрации (0,1 см³/мин) и капиллярного подъема воды, высокий объемный вес (1,89 г/см³), малую скважность почвы (27,4%) и значительную величину липкости (183 кг/см²).

Из приведенных данных видно, что водный режим натриевых солонцов должен быть неудовлетворительным, так как вода для растений на них мало доступна. Это проявляется в отрицательном лесорастительном эффекте солонцов. Под влиянием магния почва диспергирует в 4—5 раз меньше, чем под влиянием натрия, поскольку включает в себя не только первичные мелкие частицы, но и микроагрегаты. Это создает более благоприятный водный режим почвы, так как в микроагрегатах уже имеется два типа пор. Причем если внутриагрегатные поры имеют очень небольшие размеры, то между агрегатами их величина значительно больше: 10^{-2} — 10^{-3} мм. В этом случае вода более подвижна и доступна для растений [5].

По данным лабораторных исследований П. И. Шаврыгина, почва, насыщенная магнием, обладает более высокими скоростями фильтрации (4,8 см³/мин) и капиллярного подъема, меньшим объемным весом (1,79 г/см³), большей скважностью (31,2%) и низкой липкостью, чем в случае насыщения ее натрием. Материалы наших исследований на опытных участках, заложенных в полевых условиях на глинистых по механическому составу солонцах, свидетельствуют об ухудшении водно-физических свойств почвы с нарастанием содержания обменного натрия в поглощающем ее комплексе. Это видно из увеличения объемного веса (табл. 1) и максимальной гигроскопичности натриевых солонцов. Изменение величины максимальной гигроскопичности почвы в горизонте В₁ от магниевых солонцов к натриевым повторяет ту же закономерность, что и объемный вес.

По наблюдению, в незасоленных горизонтах магни-

Таблица 1. Зависимость объемного веса солонцов от содержания натрия в поглощающем комплексе почвы (% от суммы обменных оснований)

№ опытного участка	Солонец	Содержание натрия в горизонте В ₁	Объемный вес (г/см ³) по слоям, см			
			0—10	10—20	20—40	40—60
29/66	Магниевого среднего глубокого солончакового содового смешанного засоления	0,0	0,83	1,01	1,21	1,18
48/70	Магниевого глубокого среднего и сильно солончакового сульфатного засоления	0,0	0,90	0,94	1,07	1,28
36/67	Магниевого среднего слабо солончакового сульфатного засоления	6,7	0,97	1,05	1,24	1,23
33/66	Натриево-магниевого среднего глубокого солончакового содово-смешанного засоления	14,3	0,97	1,23	1,26	—
34/66	Натриевого корково-столбчатого среднесолончакового содово-смешанного засоления	23,6	1,17	1,30	1,40	—
43/69	Натриевого среднего солончакового смешанно-содового засоления	26,9	1,31	1,36	1,40	1,49
24/66	Натриевого корково-столбчатого солончакового смешанно-содового засоления	51,5	1,46	1,46	1,47	1,57

вых солонцов на опытных участках 48/70, 29/66 и 36/67 гигроскопичность почвы колеблется от 11,1 до 11,8%. В случае представленности почвенного покрова натриевыми солонцами на опытном участке 54/72 максимальная гигроскопичность в слоях 13,7—14,7%, а на черноземе обыкновенном опытного участка 47/70—8,9%. Это дает основание считать, что магниевые солонцы обладают более благоприятными водно-физическими свойствами, чем натриевые, что является одной из причин их удовлетворительных и хороших лесорастительных условий.

На лесорастительные свойства солонцов оказывает также очень большое влияние засоление почвы легко-растворимыми солями. При суждении о последнем необходимо учитывать залегание солей, степень и тип (ка-

ественный состав) засоления. От величины этих показателей будут зависеть лесорастительные свойства солонцов определенного региона. Кроме того, необходимо принимать во внимание степень солеустойчивости растений. Далеко не все они обладают этим свойством. Данные, имеющиеся в литературе по вопросу о лимитах допустимого засоления и солеустойчивости древесных и сельскохозяйственных растений, разноречивы и трудносопоставимы [7—14]. Это можно объяснить региональной приуроченностью и видами растений, поскольку явления засоления и солеустойчивости растений несут на себе отпечаток зональности [15, 16]. Эту же точку зрения разделяют Н. И. Базилевич и Е. И. Панкова [17], считая, что величина порога токсичности солей зависит от многих факторов: состава солей, увлажненности, содержания гумуса и других свойств почвы, а также от климатических условий, вида растений, уровня агротехники и т. п.

Для оценки степени засоления мы приняли в качестве критерия величину плотного остатка и химизм засоления, который определяли по содержанию преобладающих анионов. Такой подход диктуется представлением о том, что растение в присутствии высоких концентраций солей испытывает многофакторное действие, механизм которого и ответные реакции растений еще достаточно не изучены [18, 19]. Б. П. Строганов [18], не отрицая полностью действия на растения осмотического давления, считает, что солеустойчивость растений определяется механизмом токсического действия солей и природой солеустойчивости растений при учете общего содержания и соотношения солей в почве. Б. П. Строганов [19] рекомендует в каждом случае учитывать оба фактора, действующие на растения.

Единого мнения о глубине залегания токсических доз легкорастворимых солей, при котором возможно лесовыращивание, в литературе нет. Е. С. Мигунова [14] считает те почвы лесопригодными, в почвенном профиле которых до глубины 1,5 м не содержится легкорастворимых солей, угнетающих растения ($0,01—0,02\% \text{ CO}_3$; $0,03—0,08\% \text{ Cl}$; $0,3—0,5\% \text{ SO}_4$), и до 2 м — оказывающих токсическое действие ($\text{CO}_3 \geq 0,03\%$, $\text{Cl} > 0,01\%$). К условно лесопригодным для наиболее солевыносливых древесных и кустарниковых пород она относит почвы,

Таблица 2. Встречаемость легкорастворимых солей в первом максимально засоленном горизонте в связи с группами солющих, %

Группа солющих	Нетоксичные		Токсичные							Итого		
	Ca(HCO ₃) ₂	CaSO ₄	Итого	Na ₂ CO ₃	Mg(HCO ₃) ₂	NaHCO ₃	Na ₂ SO ₄	MgSO ₄	NaCl		MgCl ₂	CaCl ₂
Магниево-натриевые	84,2	15,8	100	3,2	21,6	17,6	20,0	8,8	15,2	12,0	1,6	100
Магниево-натриевые	78,2	21,8	100	4,3	20,4	17,5	21,8	7,2	17,4	11,4	—	100
Магниево-натриевые	78,6	21,4	100	4,5	20,5	16,0	23,0	4,5	18,0	13,5	—	100
Натриевые	80,0	20,0	100	10,7	20,2	21,8	16,6	7,0	17,8	5,9	—	100

Таблица 3. Встречаемость глубины залегания верхней границы солевых и содержащих соду горизонтов в связи с группами солющих, %

Группа солющих	Глубина первого засоленного горизонта, см					В том числе глубина горизонта, содержащего соду, см						
	0—5		10—30		30—50		50—80		80—100		100—120	
	0—5	10—30	30—50	50—80	80—100	100—120	0—5	10—30	30—50	50—80	80—100	100—120
Магниево-натриевые	6,25	40,63	6,25	25,00	9,37	12,50	—	—	—	71,50	—	28,50
Магниево-натриевые	—	26,67	20,00	53,33	—	—	16,7	—	—	66,60	16,70	—
Магниево-натриевые	27,27	27,27	18,18	27,27	—	—	—	25,00	25,00	25,00	—	25,00
Натриевые	10,53	47,87	15,79	15,79	5,26	5,26	5,00	45,00	15,00	10,00	10,00	15,00

Таблица 4. Крайние значения содержания токсичных солей различных группах

Группа солонцов	Плотный остаток, %	мг — экв/%					
		Na ₂ CO ₃		Mg(HCO ₃) ₂		NaHCO ₃	
Магниевые	0,112—	0,067	0,167	0,038	0,789	0,093	1,691
	1,152	0,004	0,009	0,003	0,058	0,008	0,143
Натриево-магниевые	0,184—	0,067	0,267	0,208	0,903	0,420	2,106
	2,074	0,009	0,014	0,015	0,066	0,035	0,177
Магниево-натриевые	0,108—	0,006	0,067	0,106	0,418	0,108	2,106
	1,200	0,001	0,004	0,008	0,030	0,009	0,172
Натриевые	0,154—	0,167	0,433	0,105	1,258	0,404	4,813
	1,138	0,008	0,023	0,007	0,092	0,034	0,404

содержащие подобные же концентрации солей в пределах 1 м. По мнению автора работы [20], для облесения скрытозасоленных почв достаточно иметь покровный слой почвы (незасоленный) мощностью 80 и даже 40 см. И. Н. Елагин и В. Н. Мина [21], указывая на существующее мнение, что для роста дуба необходима рассоленная толща почвы не менее 1 м, утверждают: на солонцах при залегании солевого горизонта на глубине 50—70 см возможен рост дуба по IV и V бонитету, т. е. в возрасте 55—70 лет дуб достигает высоты 6—8 м.

Наши материалы свидетельствуют о достаточно хороших лесорастительных свойствах луговых натриевых, а также лугово-степных магниевых солонцов при засолении почвы с глубины 50—60 см. В первом случае сосна в возрасте 25—35 лет растет по I—II бонитету, во втором — на созданных в период исследования объектах хороший рост сосны наблюдается в течение 15 лет. Средняя высота культур сосны в 15 лет $5,0 \pm 0,14$ м.

Солонцы с неодинаковым содержанием в поглощающем комплексе почвы обменных натрия и магния имеют различие в солевом режиме (табл. 2—5). Магниевым солонцам зоны свойственно преобладание в горизонте максимального скопления солей первой полуметровой

в первом от поверхности максимально засоленном горизонте в солонцов

мг — экв/‰									
Na ₂ SO ₄		MgSO ₄		NaCl		MgCl ₂		CaCl ₂	
0,214	5,320	0,149	5,619	0,113	3,056	0,056	3,469	0,048	0,212
0,015	0,377	0,009	0,338	0,007	0,179	0,003	0,170	0,002	0,031
0,327	11,899	0,101	11,982	0,056	1,043	0,042	0,423		
0,023	0,845	0,006	0,720	0,056	0,061	0,002	0,020	—	
0,106	2,290	0,111	3,872	0,423	1,951	0,120	0,959		
0,007	0,162	0,007	0,233	0,025	0,114	0,006	0,047	—	
0,340	10,914	0,161	3,539	0,141	3,701	0,105	1,297		
0,020	0,773	0,010	0,213	0,008	0,262	0,005	0,062	—	

засоленной толщи почвы таких слаботоксичных солей, как Mg (HCO₃)₂ и Na₂SO₄ (см. табл. 2). Среди легкорастворимых солей натриевых солонцов наблюдается частая встречаемость по сравнению с другими группами солонцов NaHCO₃ и Na₂CO₃, в то же время соль Na₂SO₄ представлена реже. По нашим наблюдениям, в случае отсутствия соды в первом от поверхности солевом горизонте она всегда присутствует в более глубоких слоях почвы (см. табл. 3). Магниево-натриевым солонцам свойственно редкое присутствие соды, причем чаще всего она встречается в слоях почвы 60—80 и 80—100 см.

Как следует из табл. 3, для магниево-натриевых солонцов более характерно солончаковатое и глубокосолончаковатое засоление. У магниево-натриевых и натриевых солонцов отмечается более близкое к поверхности расположение засоленного горизонта, т. е. чаще засоление носит солончаковый характер. К натриевым солонцам приурочены бывают и более высокие значения содержания таких токсичных солей, как Na₂CO₃, NaHCO₃ и NaCl (см. табл. 4). Натриевым солонцам также свойственно высокое содержание Mg(HCO₃)₂, что способствует активизации процесса содообразования.

Степень засоления первого полуметрового засоленного слоя у солонцов всех групп хотя и колеблется в значительных пределах при нейтральном засолении (сульфатном, хлоридно-сульфатном, хлоридном и сульфатно-хлоридном засолении), но является в основном слабым и реже средним (см. табл. 5). Содовое засоление во всех группах солонцов (за исключением натриевых) не выходит за пределы слабого засоления. У натриевых солонцов преобладает среднее содовое и содово-смешанное засоление, несколько реже сильное.

Таким образом, засоленные слои почвы натриевых солонцов более близко, чем у солонцов других групп, подходят к поверхности и отличаются значительной степенью засоления токсичными солями, среди которых на разной глубине всегда отмечается присутствие соды (нормальной и бикарбонатной). Наши наблюдения за ростом лесных культур при наличии в почвенном профиле гипса позволяют говорить о том, что эта соль не относится к солям, лимитирующим рост древесных растений, что согласуется с суждением о гипсе А. А. Шахова [10], Н. И. Базилевич, Е. И. Панковой [17] и др.

С увеличением содержания в поглощающем комплексе солонцов обменного натрия (натриевые солонцы и близкие к ним магниевые-натриевые) не только ухудшаются условия для роста растений, но при создании лесных культур возникают трудности технологического порядка. Они обусловлены более поздним поспеванием почвы (15—20 дней позже зональных почв) и коротким периодом физической ее спелости. При закультивировании участков, где такие почвы составляют комплекс с зональными, а также с солонцами с меньшим содержанием обменного натрия в почвенном поглощающем комплексе, невозможно выдержать все необходимые агротехнические условия на всем участке.

В то время как основной фон почв с более благоприятными водно-физическими свойствами пришел в состояние физической спелости и медлить с посадкой нельзя, пятна солонцов различного размера бывают еще очень влажными. Налипание почвы на сажальные орудия не только сопровождается потерей производительности труда, но и ведет к плохому зажиму корневой системы, загибам ее и прочим дефектам посадки, обуславливающим снижение приживаемости лесных культур.

Таблица 5. Крайние и средние значения степени засоления первого полуметрового слоя почвы различных групп солонцов

Группа солонцов	Крайние и средние значения степени засоления			
	нейтральное		содовое и смешанное	
	число пробных площадей	плотный остаток	число пробных площадей	плотный остаток
Магниевые	20	0,307—1,879	4	0,112—0,242
		0,804		0,181
Натриево-магниевые	12	0,260—2,074	4	0,184—0,265
		0,699		0,224
Магниево-натриевые	9	0,260—1,380	4	0,108—0,283
		0,704		0,195
Натриевые	9	0,284—1,138	4	0,214—0,630
		0,598		0,431

Особенно затрудняет почвенная комплексность механизированную посадку, определяя низкую приживаемость древесных растений и снижение производительности машин при больших расходах горюче-смазочных материалов (30—40%). Поэтому при наличии на участке больших пятен лесопригодных солонцов посадку культур целесообразно вести выборочно, в разные сроки.

В Зауральской предгорно-равнинной лесорастительной провинции [1] солонцеватость почвы и легкорастворимые соли также являются факторами, ограничивающими рост древесных растений, но большого практического значения здесь они не имеют. Несколько чаще выступает в качестве фактора, лимитирующего рост древесных растений, близкое расположение прочной плиты массивно-кристаллических пород и незначительной мощности (до 20—40 см) почвенный слой с обильной щебенкой. С одной стороны, это определяет неблагоприятные гидрологические условия таких участков, с другой — древесные растения не могут развить достаточную корневую систему вследствие ограниченного почвенного слоя.

Кроме природных факторов, сдерживающих распространение и восстановление леса, в лесостепи Зауралья

активно действуют антропогенные факторы. Среди последних большое значение в связи со значительным развитием сельского хозяйства на территории рассматриваемой зоны имеют сенокосение и пастьба скота.

ВЫВОДЫ

1. В лесостепи Зауралья рост и распространение древесных растений ограничиваются природными и антропогенными факторами.

2. Явление засоления почвы легкорастворимыми солями проявляется главным образом на фоне солонцеватости почвы.

3. С увеличением содержания в поглощающем комплексе обменного натрия ухудшаются водно-физические свойства солонцов. Это проявляется в увеличении объемного веса почвы натриевых солонцов в 1,4—1,5 раза по сравнению с магниевыми и повышении их максимальной гигроскопичности в 1,2—1,3 раза.

4. Для растений солевой режим магниевых солонцов более благоприятен, чем натриевых. У магниевых солонцов чаще наблюдается солончаковатое и глубокосолончаковатое слабое и среднее засоление хлоридами и сульфатами. Натриевым солонцам свойственно преобладание солончакового среднего и сильного содового и содовосмешанного засоления.

5. Промежуточным группам солонцов (натриево-магниевым и магниево-натриевым) свойственны более благоприятные, чем натриевым, водно-физические свойства и солевой режим почвы.

6. Неблагоприятные водно-физические свойства натриевых солонцов сказываются на росте растений. В первую очередь они отрицательно влияют на технику выполнения лесопосадочных работ, определяя всевозможные дефекты посадки.

7. В Зауральской предгорно-равнинной лесорастительной провинции фактором, лимитирующим рост древесных растений, также является близкое расположение плиты массивно-кристаллических пород и незначительная мощность почвы (до 20—40 см).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колесников Б. П. Лесорастительные условия и лесохозяйственное районирование Челябинской области. Труды Института биологии УФАН СССР. Вып. 26. Свердловск, 1961, с. 3—45.

2. Селяков С. Н. Условия развития и общая характеристика солонцов Барабы и Северной Кулунды. — В сб.: Вопросы освоения солонцов Кулунды и Барабы. Труды Биологич. института СО АН СССР. Вып. 9. Новосибирск, 1962, с. 5—44.

3. Гедройц К. К. Почвенный поглощающий комплекс, растение и удобрение. М., Сельхозиздат, 1935, 156 с.

4. Володин В. М. Состав и свойства малонатриевых солонцов каштановой зоны Северного Казахстана. — В сб.: Мелиорация солонцов. Ч. 1. Труды Почвенного института им. В. В. Докучаева АН СССР. М., Изд-во АН СССР, 1972, с. 106—121.

5. *Ревут И. Б.* Физика почв. Изд. 2-е, Л., «Колос», 1972, 366 с.
6. *Шаврыгин П. И.* Физические свойства почв в зависимости от состава поглощенных оснований. Труды Почвенного института им. В. В. Докучаева. Т. 13. М., 1936, с. 51—99.
7. *Земляницкий Л. Т.* Лесорастительные условия почв каштановой зоны европейской части СССР. М., Изд-во ВНИАЛМИ, 1939, 113 с.
8. *Якубов Т. Ф.* Исследование причин засыхания древесных посадок на солончаках пустынного Приуралья. Труды Почвенного института им. В. В. Докучаева АН СССР. Т. 22, вып. 1, 1940, с. 105—132.
9. *Жемчужников Е. А.* О солеустойчивости древесных и кустарниковых пород в связи с полезащитным лесоразведением на засоленных почвах. Труды ЛТА им. С. М. Кирова, № 70. Л., 1950, с. 39—68.
10. *Шахов А. А.* Солеустойчивость растений. М., Изд-во АН СССР, 1956, 551 с.
11. *Кучеренко В. Д.* Материалы по солеустойчивости древесных пород в колках восточных районов.— «Вестник МГУ», 1957, № 2, с. 99—108.
12. *Ковда В. А., Егоров В. В., Муратова В. С.* и др. Классификация почв по степени и качеству засоления в связи с солеустойчивостью растений.— «Ботанический журнал», 1960, № 8, с. 1123—1131.
13. *Попова М. П.* Влияние степени и характера засоления почв на рост и состояние древесно-кустарниковых пород в условиях орошения Нижнего Поволжья.— В сб.: Почвы и полезащитные лесные полосы. М., Гослесбуиздат, 1960, с. 72—126.
14. *Мигунова Е. С.* Лесопригодность засоленных почв юга Украинны.— «Почвоведение», 1967, № 12, с. 113—123.
15. *Келлер Б. А.* Растительность засоленных почв СССР. Растительность СССР. Т. 2. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1940, с. 481—521.
16. *Орловский Н. В., Стругалева Е. В.* Допустимые, вредные и токсические концентрации солей в почвах Западной Сибири в зависимости от изменения зональных условий.— В сб.: Физиология устойчивости растений. М., Изд-во АН СССР, 1960, с. 720—724.
17. *Базилевич Н. И., Панкова Е. И.* Опыт классификации почв по засолению.— «Почвоведение», 1968, № 11, с. 3—16.
18. *Строганов Б. П.* Современное состояние проблемы физиологии солеустойчивости растений и дальнейшие пути ее изучения.— В сб.: Физиология устойчивости растений. М., Изд-во АН СССР, 1960, с. 609—625.
19. *Строганов Б. П., Кабанов В. В., Шевякова Н. И.* и др. Структура и функции клеток растений при засолении (новые подходы к изучению солеустойчивости). М., «Наука», 1970, 318 с.
20. *Beky Albert.* A gyertyan helye erdőművelésűben.— „Erdo“, 1970, 19, № 2.
21. *Елагин И. Н., Мина В. Н.* Строение корневых систем дуба на темно-серых почвах и солонцах. Труды Института леса АН СССР. Т. 12, М., Изд-во АН СССР, 1953, с. 151—170.